

УДК 550.42

В.Г. Дробнич<sup>1</sup>, С.С. Поп<sup>1</sup>, Р.В. Пересоляк<sup>1</sup>, О.Т. Цапулич<sup>2</sup>, В.М. Карпюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Університетська, 14

<sup>2</sup> Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА, 88018, Ужгород, вул. Швабська, 14

[drobnich@rambler.ru](mailto:drobnich@rambler.ru)

## ГІС ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Представлено сучасний стан розробки ГІС екологічного моніторингу та комплексного аналізу стану довкілля в Закарпатській області. Розглянуто нові результати, одержаних в процесі побудови головної складової цієї системи, а саме спеціалізованої ГІС “Поверхневі води”.

**Ключові слова:** екологічний моніторинг, довкілля, поверхневі води, географічні інформаційні системи.

**Вступ.** Інформаційно-аналітичне забезпечення регіонального екологічного моніторингу необхідне для реалізації таких можливостей, як одержання первинних даних від суб’єктів моніторингу, збереження, обробка, передача та аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища. Останнє необхідне, зокрема, для моделювання і прогнозування розвитку екологічної ситуації в регіоні та прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень в галузі охорони довкілля, екологічної безпеки тощо. Як показує світовий досвід, всі ці можливості найкращим чином поєднуються в геоінформаційних системах (ГІС) регіонального екологічного моніторингу. Такі системи повністю або частково створено в цілому ряді областей України [1-4]. Актуальною є побудова ГІС екологічного моніторингу для Закарпатської області.

На початок даної роботи за нашою участю було розроблено обласну програму моніторингу навколишнього середовища, яка передбачає побудову регіональної геоінформаційної системи (РГІС) екологічного моніторингу та комплексного аналізу стану складових навколишнього природного середовища. Було обрано аналоги і прототип РГІС та прийнято рішення про створення її як комплексу взаємно пов’язаних спеціалізованих ГІС, у першу чергу – найбільших, найскладніших і най-

потрібніших на сьогодні спеціалізованої ГІС екологічного моніторингу поверхневих вод та спеціалізованої ГІС місць утворення і видалення відходів (в перспективі планується побудувати й інші складових РГІС, а саме спеціалізовані ГІС природно-заповідного фонду, моніторингу ґрунтів та моніторингу повітря). Було також прийнято рішення про використання у всіх складових РГІС інструментарію ArcGIS, щоб забезпечити важливу для Закарпаття можливість інтеграції даної системи з ГІС екологічного моніторингу сусідніх країн (Угорщини, Словаччини, Румунії та Польщі). Нарешті, було частково створено картографічне забезпечення РГІС та започатковано базу даних спеціалізованої ГІС моніторингу поверхневих вод [5-9].

**Виклад основного матеріалу.** Результатами даної роботи є розробка нового картографічного забезпечення РГІС, створення спеціалізованої ГІС “Місця утворення і видалення відходів”, та побудови найбільшої складової РГІС – спеціалізованої ГІС “Поверхневі води”.

**Картографічне забезпечення.** В якості вихідних матеріалів використовували:

- дані аерофотозйомки території області;
- супутникові знімки GeoEye, QuickBird, Spot Image, Digital Globe;
- матеріали ресурсу Landscapes Google;
- інтернет-сервіси Google Maps, Яндекс Карти;

- паперові карти державного науково-виробничого підприємства “Картографія”;
- власні картографічні заготовки;
- результати виконаних в даній роботі картографічних досліджень.

Застосовували програмний пакет ArcGIS Desktop (ArcInfo) версії 9.3.1. Для безпосередньої роботи з картографічними шарами використовували програму ArcMap, а для роботи з їх атрибутивними таблицями – програму ArcCatalog.

На першому етапі виконували прив’язку вихідного картографічного матеріалу до системи координат WGS-84. Зазвичай тут використовували програму SASPlanet. На другому етапі, за допомогою програми ArcCatalog, створювали файли прив’язки, а на третьому – будували векторні об’єкти картографічних шарів, головним чином, шляхом цифрування вихідних растрових зображень. При цьому застосовували програми ArcMap (з модулем ArcScan), Digitals та MapInfo. Цифрували точкові, лінійні та полігональні об’єкти (дороги, річки, канали, ліси, контури будинків, точки інтересу – POI та ін.). На останньому етапі шари редагували в ArcMap, перевіряли та виправляли їх топологію в програмі ArcCatalog, а також, за допомогою останньої, наповнювали даними атрибутивні таблиці шарів. Побудований шар записували у вигляді “географічної” таблиці (таблиці з полем Shape) у базу геоданих відповідної спеціалізованої ГІС.

В роботі суттєво поновлено і уточнено картографічний шар “Дороги”. Цей надзвичайно трудомісткий шар побудовано “з нуля”. На даний час він є найточнішим серед аналогічних картографічних шарів Закарпатської області. Численні тестування продемонстрували його адекватність сучасному стану автошляхів. Масштаб шару – 1:20000. Тим не менше його можна використовувати без генералізації в картах екологічної тематики прийнятого масштабу 1:100000.

Для кожного з районів Закарпатської області створено шар з границями району. Ці 13 шарів побудовано в масштабі 1:20000. Вони суттєво уточнюють старий матеріал картографічного блоку “Топо-

графічна основа” регіональної ГІС, який стосується границь районів і, відповідно, границь Закарпатської області. Як показали проведені дослідження, цей картографічний матеріал повністю узгоджується з іншими шарами і вирішує проблему конфлікту границь області і районів з іншими шарами (наприклад, “Гідрографія”), при цьому старому картографічному блоку “Топографічна основа”. Адже як було з’ясовано раніше, лінія кордону області на старих шарах представлена із недопустимими похибками (місцями вона відхиляється від дійсної на 1000 і більше метрів). Це призводить, зокрема, до “нестиковка” шарів “Гідрографія” і “Кордони”.

Кардинально уточнено шар “Населені пункти”. Деталізацію міст Ужгород, Мукачєво, а також всіх районних центрів Закарпатської області доведено до рівня “вулиці – будинки”. Така деталізація необхідна, зокрема, для визначення за наявними даними (шляхом їх геокодування) географічних координат діючих підприємств області, які є місцями утворення відходів.

Створено нові картографічні шари “Поверхневі води”, “Об’єкти моніторингу поверхневих вод”, “Басейни річок Тиса, Латориця і Уж” та “Суббасейни річок Тиса, Латориця і Уж”, необхідні для функціонування спеціалізованої геоінформаційної системи “Поверхневі води”. Характеристики цих шарів повністю відповідають масштабу 1:100000.

Побудовано картографічні шари “Діючі підприємства області” та “Місця видалення відходів”. Їх наповнено атрибутивними даними, необхідними для роботи з ГІС “Місця утворення і видалення відходів”.

Для створення картографічних шарів використовували оригінальні методики визначення басейнів і суббасейнів поверхневих вод, а також методики геокодування підприємств області і місць видалення відходів.

**Спеціалізована ГІС “Місця утворення та видалення відходів”.** В роботі побудовано її базу даних (БД) та розроблено необхідні програмні засоби управління. БД містить 10 таблиць, найважливішими з яких є таблиці “Підприємства”, “До-

зволи на утворення відходів”, “Ліміти на відходи” та “Сміттєзвалища”. Перші 3 таблиці стосуються головної частини бази даних, а саме місць утворення відходів (відходів підприємств). Таблиця “Підприємства” має 26 полів і містить дані про 1803 діючих підприємства області, що утворюють відходи. Таблиця “Дозволи на утворення відходів” має 23 поля. В ній розміщено 1862 записи, які стосуються конкретних дозволів, наданих тому чи іншому підприємству на утворення відходів. Таблиця “Ліміти на відходи” деталізує дані попередньої таблиці. Вона складається з 13 полів і містить 10117 записів про ліміти на відходи.

Що стосується таблиці “Сміттєзвалища”, то вона має 9 полів і містить розгорнуті дані про 295 сміттєзвалищ області.

На основі цих таблиць в базі даних побудовано 34 запити, 7 форм і 5 звітів, необхідних для оперування даними, у тому числі за допомогою створених програмних модулів і макросів. Розглянемо деякі об’єкти цих категорій. По-перше, це програмна оболонка, поява якої супроводжує завантаження бази даних ГІС “Місця утворення та видалення відходів”. З оболонки є вихід на головні форми “Реєстр природокористувачів” та “Місця видалення відходів”. Зміст полів, полів із списком, кнопок та інших елементів керування на цих формах інтуїтивно зрозумілий і не потребує додаткових пояснень для користувача. З обох форм є зворотній вихід на вищезгадану програмну оболонку (головну форму). Крім того, з форми “Реєстр природокористувачів” є вихід на форму “Ліміт на утворення та розміщення відходів”. Остання містить кнопки: “Перегляд ліміту” та “Перегляд дозволу”, при натисканні яких генеруються відповідні звіти.

Можна сказати, що всі інші об’єкти бази даних створено для забезпечення функціональності згаданих форм і звітів. Це стосується, зокрема, програмних модулів бази даних “Місця утворення та видалення відходів”. Вони забезпечують одержання користувачем довідкової інформації про місця утворення та видалення відходів, оновлення і поповнення бази даних, по-

шук, перегляд та наочне представлення необхідних даних і, нарешті, аналіз цих даних.

Відзначимо, що на основних формах “Реєстр природокористувачів” та “Місця видалення відходів” є кнопки “Показати на карті” (мається на увазі показати обране на формі підприємство або місце видалення відходів. Розглянемо цю функціональність бази даних детальніше.

Якщо притримуватись більш точної термінології, то базу даних, яка розглядається, слід називати базою геоданих. Дійсно, серед її об’єктів є численні таблиці, назви яких починаються з “GDB”. Це допоміжні системні таблиці, необхідні для забезпечення функціонування бази даних на рівні бази геоданих. Крім того, таблиці “Підприємства” та “Сміттєзвалища” мають поле “Shape” (“Шейп”), котре, як відомо, використовується для відображення географічних об’єктів (що фігурують в записях таблиць баз геоданих) на географічній карті. Системні “GDB” – таблиці та поле “Shape” були впроваджені в базу даних (перетворивши її на базу геоданих) в процесі геокодування діючих підприємств та сміттєзвалищ області (див. вище). Електронні карти з цими географічними об’єктами є надзвичайно корисними в плані аналізу екологічних даних, адже дозволяє залучати просторову інформацію.

Для одержання такої інформації призначені, зокрема, кнопки “Показати на карті”, що фігурують на формах “Реєстр природокористувачів” та “Місця видалення відходів”. При їх натисканні запускаються розроблені нами спеціальні програмні модулі, що забезпечують зв’язок бази геоданих “Місця утворення та видалення відходів” з географічною системою ArcGIS. Ці модулі відкривають потрібну карту в програмі ArcMap і виділяють кольором той географічний об’єкт, який слід “Показати на карті”. Карти з виділеними об’єктами наведено на рис. 1i2.

Програмний код, що забезпечує взаємодію бази геоданих “Місця утворення та видалення відходів” з ArcGIS складається з п’яти частин. Три із них розташовані в базі геоданих, а дві інші – в ArcGIS.

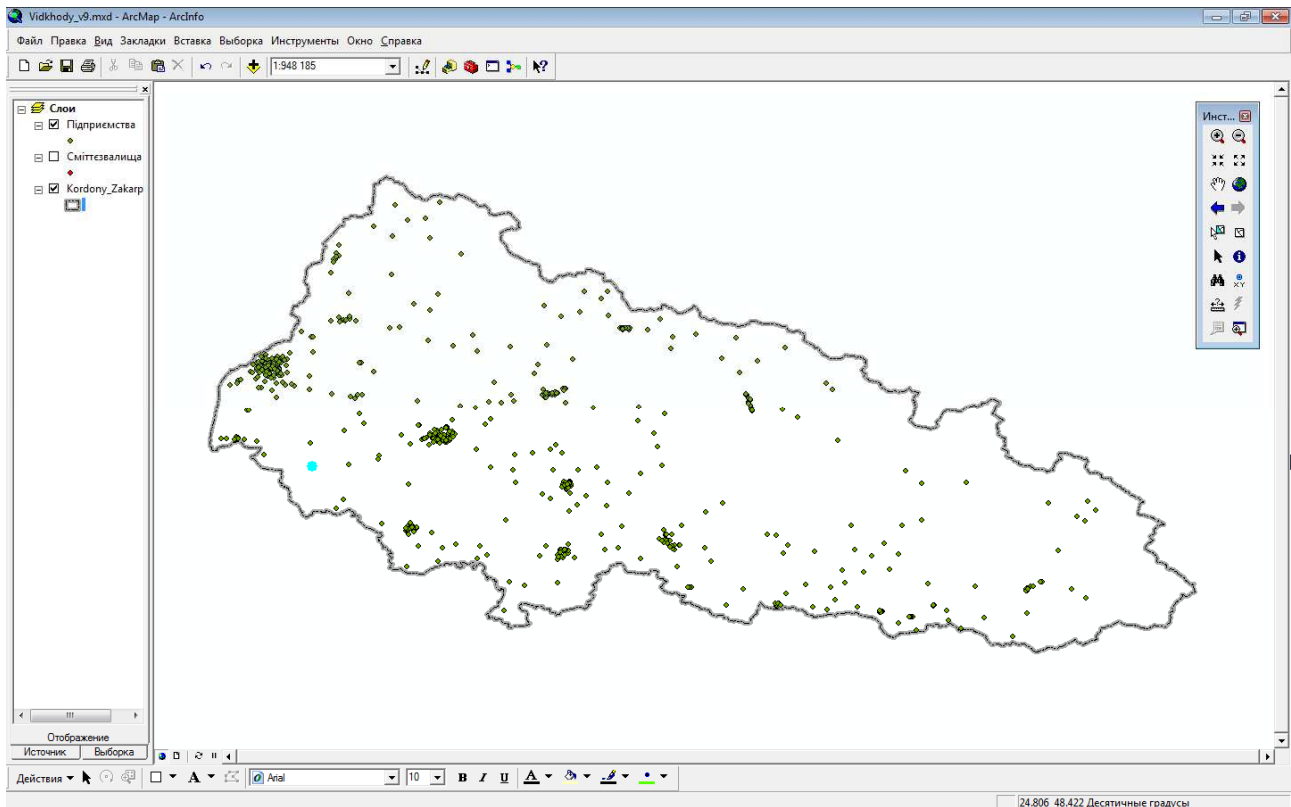


Рис. 1. Показ на карті підприємства, обраного на формі “Реєстр природокористувачів”.

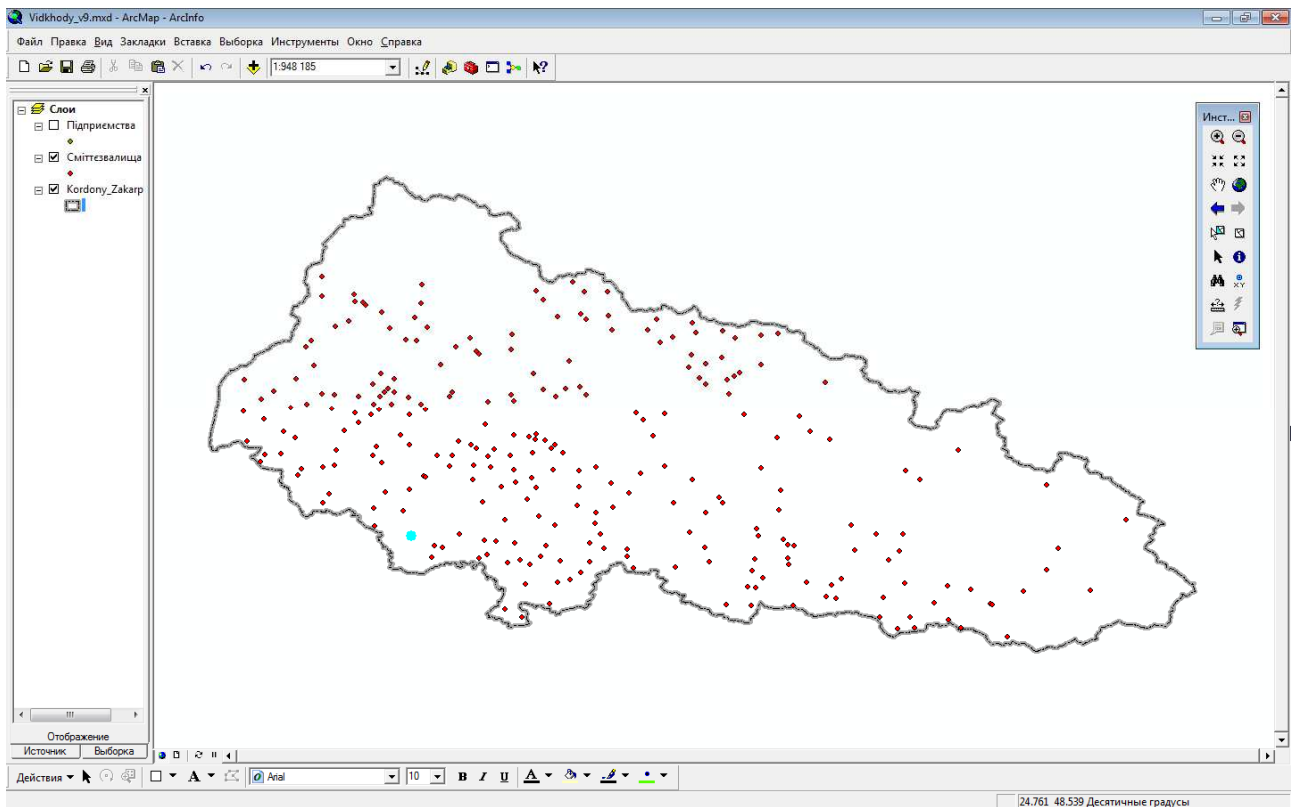


Рис. 2. Показ на карті місця видалення відходів, обраного на формі “Місця видалення відходів”.

*Спеціалізована ГІС “Поверхневі води”*. В роботі створено спеціалізовану ГІС “Поверхневі води”, яка є найбільшою і найважливішою складовою регіональної ГІС екологічного моніторингу та комплексного аналізу стану складових навколишнього природного середовища. Результати розробки її картографічного вже розглянуто. Нижче викладено інші одержані результати. Вони стосуються, головним чином, побудови бази геоданих та інструментарію ГІС “Поверхневі води”.

Головними об’єктами БД є 3 таблиці (“Data”, “Data\_Structure” і “Stvory”), 6 запитів, 14 форм, 1 макрос (“Data\_Visible\_Generate”) та 4 програмних модулі (“ClassVybirByFlag”, “Fusion”, “Obchyslennya” і “Vybir”). До складу бази даних входять й численні допоміжні об’єкти. Більшість їх складають системні таблиці, необхідні для функціонування БД в “географічному” середовищі ArcGIS. В термінології ArcGIS зазначені системні таблиці необхідні для надання базі даних ГІС “Поверхневі води” властивостей бази геоданих [10-12].

Таблиця “Створи” містить географічні та атрибутивні дані про 134 створи спостережень, що можуть бути задіяні в облачному моніторингу поверхневих вод.

Створи, як географічні об’єкти, представлено записами поля “Shape”. Всі інші поля (“№”, “Організація”, “Водойма”, “Розташування”, “Періодичність вимірювань”, “Басейн”, “Суббасейн”, “Район”, “Довгота”, “Широта”, “№ за течією”, “№ в реєстрі” та “OBJ”) містять атрибутивні дані.

Поля “Басейн”, “Суббасейн”, “Район”, “Довгота”, “Широта”, “№ за течією” та “№ в реєстрі” сформовано і наповнено інформацією в процесі виконання даної роботи. Записи полів “Басейн”, “Суббасейн”, “Район” містять дані відповідно про річковий басейн, суббасейн та адміністративний район до яких відноситься кожний із 134 створів спостережень. В полях “Довгота”, “Широта” вказано координати створів. Поле “№ в реєстрі” містить офіційні номери, під якими створи фігурують у Державному реєстрі. Нарешті, в записах поля “№ за течією” створи пронумеровано

за спеціальною, створеною нами системою. Ця нумерація відображає розташування створів за течією річок і є надзвичайно корисною в плані аналізу даних моніторингу поверхневих вод. Створи мають і короткий номер, що фігурує в записах поля “OBJECTID” (синонім назви цього поля – “№”). Цей номер використовується для програмних маніпуляцій з записами, а також для зв’язку таблиці “Stvory” з центральною таблицею бази даних – таблицею “Data”.

Таблицю “Data” сформовано в процесі виконання даної роботи. У плані зв’язку (типу “один до багатьох”) таблиці “Stvory” і “Data” є відповідно основним та підлеглим об’єктами. Але “Data” – центральна таблиця ГІС “Поверхневі води”, оскільки саме в ній розміщуються дані моніторингу. Ці дані мають такий формат: номер створу (поле “OBJECTID”), дата вимірювань (поле “Дата”), та результати вимірювань різних показників якості води (всього їх 121). На сьогоднішній день таблиця містить близько 5000 записів і постійно поповнюється новими даними. Її структуру разом з важливою загальною інформацією про досліджувані показники якості води наведено в таблиці “Data\_Structure” – рис. 3. Цю таблицю повністю сформовано в даній роботі. Із рядка стану видно, що записів в ній 121 (відповідно стільки ж показників має таблиця “Data”). В таблиці “Data\_Structure” наведено розмірності показників, їх приналежність груповим показникам (за вітчизняною або європейською класифікацією), верхні та нижні межі граничнодопустимих концентрацій за рибогосподарськими та господарсько-питними нормативами. Для певних показників наведено формули, за якими обраховують оцінку якості води. Фігурує також поле “Візуалізація”, позначка в якому означає, що відповідний показник має бути візуалізований, тобто приєднаний до множини показників, за якими виконується екологічний ГІС-аналіз. Зазначене приєднання виконується в результаті створеного нами макросу “Data\_Visible\_Generate”. Цей макрос реалізує програмний код вищезгаданого модуля “Fusion”, тобто оновлює запити ГІС “Поверхневі води” так, що в них

приймають участь тільки лише ті показники, які позначено в полі “Візуалізація” таблиці “Data\_Structure”.

Створені нами інструменти ГІС “Поверхневі води” можна об’єднати в блоки “Довідка” (три форми), “Вибір даних” (4 форми), “Перегляд даних”(2 форми) та “Аналіз даних” (5 форм). Розглянемо детальніше три останні блоки.

Аналізу передують вибір необхідних даних із БД. Основними інструментами цього є форми для вибору а) місць (створів) спостережень, б) періоду спостережень, в) потрібних показників якості води та г) груп показників (групових показників).

На рис. 4 представлено форму, що дозволяє максимально зручно і швидко обирати створи, потрібні для вирішення тої чи іншої задачі за допомогою ГІС “Поверхневі води”. Застосовується інтелектуальний механізм вибору за допомогою незалежних та зв’язаних фільтрів. Рис. 1 демонструє обрану за цим механізмом групу створів, розташованих на р. Уж, а далі з цієї групи за допомогою прапорців виділено потрібні створи (№18, 19, 27, 28, 65, 67, 68, 69, 71 і 74). Відзначимо, що вказані прапорці реалізовано незвичайним шляхом, тобто без збереження відповідних елементів в таблицях або запитах бази даних. Застосовано імітацію такого збереження. Адекватне функціонування прапорців забезпечує розроблений нами клас об’єктів. Він застосовується і в інших формах.

Кінцевий вибір створів за допомогою прапорців слід підтвердити або скасувати. Форма реагуватиме на це записами номерів та інших атрибутів обраних створів у відповідні колекції, а також адекватними повідомленнями для користувача.

Форма для вибору періоду спостережень дозволяє обирати його різних форматах: “Рік”, “Рік, півріччя”, “Рік, квартал” та “Рік, місяць” (період може бути кратний року, півріччю, кварталу і місяцю).

Форми для вибору показників і групових показників якості води дозволяють зручно і швидко реалізувати його за допомогою вже знайомих нам фільтрів, списків і прапорців. Відзначимо, що обирати для

аналізу можна будь-яку потрібну кількість показників і групових показників.

Після вибору створів, періоду спостережень, показників і групових показників ГІС “Поверхневі води” виводить користувача на перегляд всіх даних моніторингу, що підпадають під вибір. Для перегляду за показниками і груповими показниками використовуються дві різні форми. Відзначимо, що обидві вони формують свою структуру лише в момент завантаження, підстроюючи, зокрема, кількість і назви показників під здійснений вибір. Це унікальна особливість. Адже зазвичай форми мають стаціонарну структуру. Структура наших форм має динамічний характер завдяки нетривіальному програмному коду. Ця структура надає можливість панорамного перегляду обраних даних. Відзначимо, що в ГІС регіонального рівня це реалізовано вперше.

Слід також відзначити, що дуже типовою є ситуація часткової наповненості обраних показників даними екологічного моніторингу. Відповідно частина створів, показників і групових показників може взагалі випадати із аналізу і таке випадання важливо контролювати. Обидві форми здійснюють такий контроль, наочно демонструють зазначене випадання і, нарешті, остаточно формують масив даних для аналізу. Відповідно від цих форм можна перейти до кінцевих форм аналізу обраних даних за показниками та груповими показниками. Уяву про роботу першої з них дає рис. 5.

Видно, що в формі можна обрати будь-який адекватний часовий інтервал усереднення даних і обрахувати для всіх вибраних показників ту чи іншу статистичну характеристику. Ці форми також мають унікальну динамічну структуру і забезпечують панорамне представлення даних аналізу. Крім того, панорамні числові дані аналізу можна представити і у вигляді високоякісних діаграм (Рис. 6).

Подібним чином працює і форма для аналізу обраних даних за груповими показниками (рис. 7). Але в ній панорамна таблиця містить оцінки (1-5) якості води. Цю таблицю форма дозволяє представити також у вигляді звітної таблиці Word.

Код	Показник	Розмірніс	Група_Укр	Група_Евро	ГДК_рибого	ГДК_рибого	ГДК_господ	ГДК_господ	Візуалізаці	Евроформули	Інде
1	Витрата на момент відбор	м³/с	Гідрологічні показники								B1
2	Рівень на момент відбор	м над р.м.	Гідрологічні показники								B2
3	Швидкість течії на моме	м/с	Гідрологічні показники								B3
4	Глибина у місці відбору	г м	Гідрологічні показники								B4
5	Сума іонів	мг/дм³	Показники сольового складу		-777		1000				C1
6	Сухий залишок	мг/дм³	Показники сольового складу	Загальні фізичні та неорганічні п	1000		1000		<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=300;"1";"ЕСЛИ(C90	C2
7	Електропровідність	мксм/см	Показники сольового складу	Загальні фізичні та неорганічні п	400		400		<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=500;"1";"ЕСЛИ(C90<	C3
8	Солоність	г/дм³	Показники сольового складу								C4
9	Загальна жорсткість	мг-екв/дм³	Показники сольового складу	Загальні фізичні та неорганічні п					<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=150;"1";"ЕСЛИ(C90	C5
10	Лужність	мг-екв/дм³	Показники сольового складу						<input checked="" type="checkbox"/>		C6
11	Кислотність	ммоль/дм³	Показники сольового складу						<input checked="" type="checkbox"/>		C7
12	ГідрокARBонати	мг/дм³	Показники сольового складу						<input checked="" type="checkbox"/>		C8
13	Діоксид вуглецю	мг/дм³	Показники сольового складу						<input checked="" type="checkbox"/>		C9
14	Хлориди	мг/дм³	Показники сольового складу		300		350		<input checked="" type="checkbox"/>		C10
15	Сульфати	мг/дм³	Показники сольового складу		100		500		<input checked="" type="checkbox"/>		C11
16	Магній	мг/дм³	Показники сольового складу		40		50		<input checked="" type="checkbox"/>		C12
17	Кальцій	мг/дм³	Показники сольового складу		180		-777		<input checked="" type="checkbox"/>		C13
18	Калій	мг/дм³	Показники сольового складу		50				<input checked="" type="checkbox"/>		C14
19	Натрій	мг/дм³	Показники сольового складу		120		200		<input checked="" type="checkbox"/>		C15
20	Натрій + калій	мг/дм³	Показники сольового складу						<input checked="" type="checkbox"/>		C16
21	Температура	°C	Загальні хімічні й фізичні показники г	Загальні фізичні та неорганічні п					<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=20;"1";"ЕСЛИ(C90<	D1
22	Завислі речовини	мг/дм³	Загальні хімічні й фізичні показники г	Загальні фізичні та неорганічні п		0.75	15		<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=20;"1";"ЕСЛИ(C90	D2
23	Показник pH	pH	Загальні хімічні й фізичні показники г	Загальні фізичні та неорганічні п	6.5	8.5	6.5	8.5	<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(И(C90<=8;C90>=6.5);"1"	D3
24	Запах	бали	Загальні хімічні й фізичні показники г					2	<input checked="" type="checkbox"/>		D4
25	Прозорість	см	Загальні хімічні й фізичні показники г						<input checked="" type="checkbox"/>		D5
26	Прозорість по диску Секі	м	Загальні хімічні й фізичні показники г						<input checked="" type="checkbox"/>		D6
27	Забарвленість	град	Загальні хімічні й фізичні показники г						<input checked="" type="checkbox"/>		D7
28	Розчинений кисень	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п	6		4		<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C10>=7;"1";"ЕСЛИ(C10>=	E1
29	Насичення киснем	%	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п					<input checked="" type="checkbox"/>		E2
30	БСК5	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п		2.25			<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=4;"1";"ЕСЛИ(C90<=	E3
31	БСК20	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні показники органічних р				3	<input checked="" type="checkbox"/>		E4
32	Оксислваність перманга	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні показники органічних р				5	<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=12;"1";"ЕСЛИ(C90<	E5
33	УСК	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні показники органічних р		-777		30	<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=5;"1";"ЕСЛИ(C90<=	E6
34	Вуглець органічний	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності						<input checked="" type="checkbox"/>		E7
35	Сироводень	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності						<input checked="" type="checkbox"/>		E8
36	Сульфиди	мг-екв/дм³	Показники групи трофо-сапробності						<input checked="" type="checkbox"/>		E9
37	Азот амійний	мгN/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п		0.5		2	<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=0.2;"1";"ЕСЛИ(C90	F1
38	Амійний сольовий	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності						<input checked="" type="checkbox"/>		F2
39	Азот нітритний	мгN/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п		0.08		-777	<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=0.01;"1";"ЕСЛИ(C9	F3
40	Нітрити	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності			0.08		3.3	<input checked="" type="checkbox"/>		F4
41	Азот нітратний	мгN/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п		9.1		10	<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=1;"1";"ЕСЛИ(C90<=	F5
42	Нітрати	мг/дм³	Показники групи трофо-сапробності			40		45	<input checked="" type="checkbox"/>		F6
43	Азот органічний	мгN/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні показники органічних р					<input checked="" type="checkbox"/>		F7
44	Азот неорганічний	мгN/дм³	Показники групи трофо-сапробності						<input checked="" type="checkbox"/>		F8
45	Азот загальний	мгN/дм³	Показники групи трофо-сапробності	Загальні фізичні та неорганічні п					<input checked="" type="checkbox"/>	=ЕСЛИ(C90<=2;"1";"ЕСЛИ(C90<=	F9
46	Окисляюча здатн.	мг/лмн²	Показники групи трофо-сапробності						<input checked="" type="checkbox"/>		F10

Рис. 3. Таблиця “Data\_Structure”.

№	Організація	Водойма	Розташування	Періодичність	Басейн	Суб-басейн	Район	Довгота	Широта	№ за течією	№ в реєстрі
18	Облводгосп	р. Уж	54 км, нижче м.Перечин	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Перечинський	22.441	48.720	31107	21.02.10.07.06.140
19	Облводгосп	р. Уж	28 км, с. Сторожниця, кордон з Словаччиною	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Ужгородський	22.242	48.611	31116	21.02.10.07.06.150
27	Облводгосп	р. Уж	80 км, смт. В.Березний	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Великоберезнян	22.455	48.870	31103	21.02.10.07.06.135
28	Облводгосп	р. Уж	40 км, м. Ужгород, в/з	12 разів на рік	р. Уж	р. Уж	Ужгородський	22.338	48.630	31111	21.02.10.07.06.145
65	Держекоінспе	р. Уж	с.Волоснянка, 1 км вище села	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Великоберезнян	22.856	48.983	31101	21.02.10.07.01.120
67	Держекоінспе	р. Уж	с. Дубриничі, 1 км нижче села	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Перечинський	22.504	48.794	31105	21.02.10.07.01.130
68	Держекоінспе	р. Уж	смт. Перечин, 1 км нижче селища, 1 км ниж	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Перечинський	22.440	48.718	31108	21.02.10.07.01.135
69	Держекоінспе	р. Уж	м. Ужгород, 1 км нижче міста, 0,5 км нижче	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Ужгородський	22.237	48.614	31117	25.02.10.07.01.145
70	Держекоінспе	р. Уж	с. Сторожниця, Держкордон Україна-Слова	12 разів на рік	р. Уж	р. Уж	Ужгородський	22.202	48.611	31118	21.02.10.07.01.150
71	Держекоінспе	р. Уж	смт. В.Березний, 1 км нижче селища, 0,5км	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Великоберезнян	22.451	48.867	31104	25.02.10.07.01.125
74	Держекоінспе	р. Уж	м. Ужгород, дериваційний канал	4 рази на рік	р. Уж	р. Уж	Ужгородський	22.319	48.640	31110	21.02.10.07.01.140

Рис. 4. Форма для вибору створів спостережень

На даний час ця ГІС “Поверхневі води” інтенсивно використовується спеціалістами, а її спрощений Інтернет – варіант розміщено в глобальній мережі для ознайомлення громадськості із станом поверхневих вод області. Користування даним інструментом не викликає труднощів, оскільки воно за своїм принципом не відрізняється від звичної для користувачів

Інтернету взаємодії з Веб-сторінкою. Після вибору створів, показника і часового періоду спостережень геоінформаційна система будує діаграму, яка наочно представляє усереднену за певний час якість поверхневих вод в околі вибраних створів в контексті обраного показника. Діаграма наводиться з усіма необхідними поясненнями.

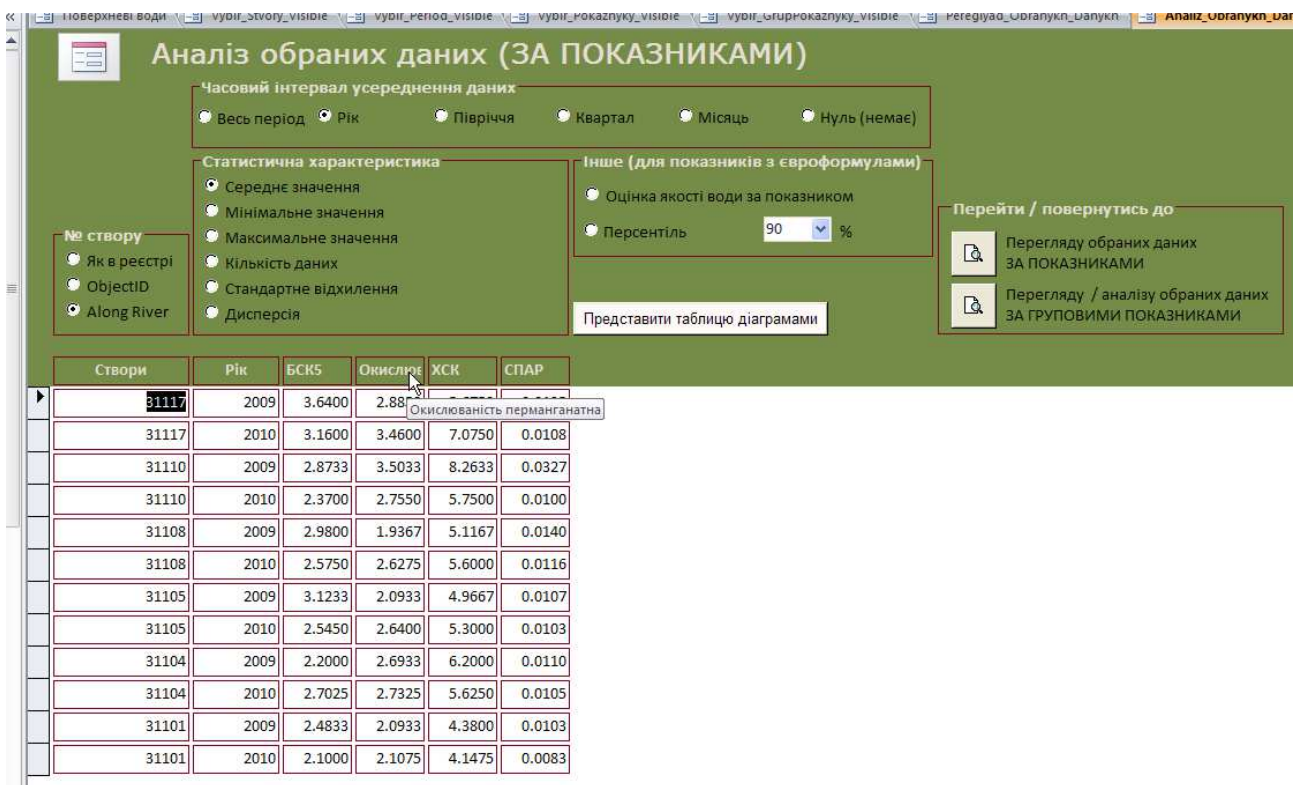


Рис. 5. Форма аналізу даних за показниками



Рис. 6. Форма аналізу даних за допомогою діаграм (результат натиснення на кнопку “Представити таблицю діаграмами”, діаграми відповідають показнику “БСК5”).



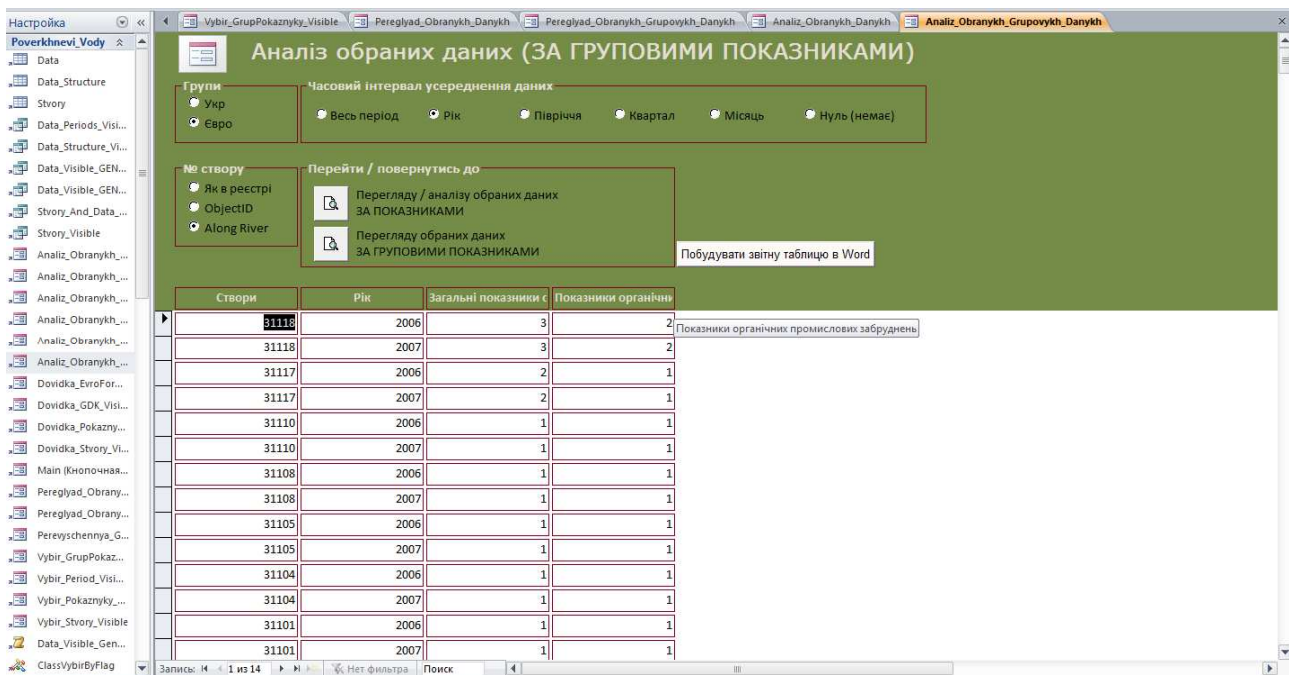


Рис. 7. Вигляд форми для аналізу обраних даних за груповими показниками при виборі річного інтервалу усереднення даних і візуалізації оцінок якості поверхневих вод за обраними “Європейськими” груповими показниками.

### Висновки.

1. Суттєво розвинуто, поновлено і уточнено картографічне забезпечення регіональної ГІС (РГІС) екологічного моніторингу та комплексного аналізу стану навколишнього природного середовища. Зокрема, побудовано нові картографічні шари “Границі районів” та “Дороги”. Кардинально уточнено шар “Населені пункти”. Побудовано нові шари “Поверхневі води”, “Басейни річок Тиса, Латориця і Уж” та “Суббасейни річок Тиса, Латориця і Уж”, необхідні для функціонування спеціалізованої ГІС “Поверхневі води”. Створено нові шари “Діючі підприємства області” та “Місця видалення відходів”, потрібні для роботи іншої складової РГІС – спеціалізованої ГІС “Місця утворення і видалення відходів”.
2. Побудовано (як складову РГІС) спеціалізовану ГІС “Місця утворення і видалення відходів”. Зокрема, сформовано її базу геоданих. Шляхом геокодування визначено місцезнаходження всіх підприємств і сміттєзвалищ. Ці дані впроваджено у форматі “Shape” в таблиці “Підприємства” і “Сміттєзвалища”. Розро-

блено програмну оболонку ГІС “Місця утворення і видалення відходів”, яка надає користувачам зручну можливість розв’язання (за допомогою створених форм, звітів, запитів і програмних модулів) цілого ряду типових задач, таких як одержання довідкової інформації про місця утворення та видалення відходів, вибір і перегляд потрібних даних, їх наочне представлення в звітах та на електронній карті, аналіз обраних даних тощо.

3. Побудовано (як складову РГІС) спеціалізовану ГІС “Поверхневі води”. Створено програмну оболонку для керування ГІС з використанням нових форм і програмних модулів. Система дозволяє одержувати вичерпну довідкову інформацію про а) задіяні і ще не задіяні в моніторингу створи спостережень, б) показники якості поверхневих вод, у тому числі групові показники, в) ГДК, сформовані за різними критеріями, а також г) формули для кількісного оцінювання якості води за конкретними показниками. ГІС, за допомогою інтелектуальних фільтрів дозволяє зручно і швидко здійснювати вибір необхідних пер-

винних даних моніторингу (окремих створів або їх груп, періоду спостережень, будь-якої кількості показників і/або групових показників якості води). Забезпечено можливість панорамного перегляду всього масиву обраних даних за допомогою динамічних стрічкових форм нового типу, не лише зміст, але й структура яких формується за результатами здійсненого вибору. Нарешті, система дозволяє розв'язувати типові задачі з аналізу масиву вибраних даних. Зокрема, використовуючи будь-які адекватні часові інтервали усереднення даних можна одночасно визначити для всіх вибраних створів, інтервалів усере-

днення (в рамках обраного періоду спостережень) і показників якості води різні статистичні характеристики останніх (середні значення, перцентілі тої чи іншої процентності, дисперсії тощо) а також кількісні оцінки якості води. За даними, що стосуються групових показників, система автоматично генерує звіти з оцінками стану поверхневих вод. Забезпечено можливість панорамного перегляду результатів аналізу як у числовому вигляді, так і за допомогою діаграм (використовуються форми, здатні динамічно змінювати свою структуру).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геоінформаційна аналітична система державного моніторингу довкілля Вінницької області. Частина I. Моніторинг поверхневих вод / За ред. В.Б. Мокіна та О.Г. Яворської. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 78 с.
2. Система моніторингу довкілля регіонального рівня. Інформаційно-аналітичне забезпечення: призначення, основні функції. – Запоріжжя: КНВП “ЕКОЦЕНТР”, 2005. – 42 с.
3. Природоохоронна інформаційно-аналітична система територіального рівня. Програмні комплекси: призначення, основні функції. – Запоріжжя: КНВП “ЕКОЦЕНТР”, 2005. – 58 с.
4. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. Монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. – Вінниця: Вид-во ВНТУ “УНІВЕРСУМ-Вінниця”, 2005. – 315 с.
5. Дробнич В.Г., Мельник А.В., Поп С.С. Геоінформаційна система екологічного моніторингу та комплексного аналізу стану складових навколишнього природного середовища Закарпатської області // Матеріали наради “Можливості супутникових технологій у сприянні вирішення проблем Закарпаття” (11 грудня 2008 року). – Ужгород, 2008. – С. 4-5.
6. Поп С.С., Дробнич В.Г., Шароді І.С., Мойш Н.І., Погорелов Ф.В., Повхан Й.І., Гайдур М.І., Цапулич О.Т., Карпюк В.М. Геоінформаційні технології та моніторинг довкілля Закарпаття // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Ужгород: Карпати, 2009. – с. 57-60.
7. Дробнич В.Г., Поп С.С. Математичні аспекти використання та створення цифрових карт в проекціях Гауса-Крюгера і UTM // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. – Ужгород: Карпати, 2009. – с.88-89.
8. Дробнич В.Г., Поп С.С., Погорелов А.В., Повхан Й.І., Цапулич О.Т., Карпюк В.М. ГІС екологічного моніторингу та комплексного аналізу стану навколишнього природного середовища в Закарпатській області. // Тези V Міжнародної науково-практичної конференції «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні». 28-30 жовтня 2010р. м. Ужгород, Україна. С.76-79.
9. Поп С.С., Дробнич В.Г., Шароді І.С. та ін. Створення геоінформаційної системи екологічного моніторингу довкілля в Закарпатській області. Ужгород: Говерла, 2012. – 56 с.
10. ArcGIS 9: ArcMap. Руководство пользователя. – USA: ESRI, 2004. – 558 с.

11. ArcGISDesktop II: Инструменты и функциональность. Лекции и упражнения. – USA: ESRI, 2009. – 234 с.

12. ESRI Map Book/ Geography and GIS – Sustaning Our World. Vol.17. – USA: ESRI, 2002. - 120 p.

V.G. Drobnych<sup>1</sup>, S.S. Pop<sup>1</sup>, R.V. Peresolyak<sup>1</sup>, O.T. Tsapulych<sup>2</sup>, V.M. Karpyuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uzhgorod national university, 88000, Uzhgorod, Universitetska st., 14

<sup>2</sup> Department of Environment and Natural Resources of Transcarpathian RSA, 88000, Uzhgorod, Shvabs'ka st., 14

### **GIS OF ECOLOGICAL MONITORING AND COMPLEX ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL STATE IN TRANSCARPATHIAN REGION**

The current state of development of the GIS for ecological monitoring and complex analysis of the state of the environmental state in the Transcarpathian region had been provided. A new results in the creation of the major component of this system, namely the specialized GIS “Surface water” had been reviewed.

**Keywords:** ecological monitoring, environment, surface water, geographic information systems.

В.Г. Дробнич<sup>1</sup>, С.С. Поп<sup>1</sup>, Р.В. Пересоляк<sup>1</sup>, О.Т. Цапулич<sup>2</sup>, В.Н. Карпюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Университетская, 14

<sup>2</sup> Департамент экологии и природных ресурсов Закарпатской ОДА, 88018, Ужгород, ул. Швабская, 14

### **ГИС ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ**

Представлено современное состояние разработки ГИС экологического мониторинга и комплексного анализа состояния окружающей среды в Закарпатской области. Рассмотрены новые результаты, полученные в процессе построения главной составляющей этой системы, а именно специализированной ГИС “Поверхностные воды”.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, окружающая среда, поверхностные воды, географические информационные системы.